

# ANALISA PERBANDINGAN ALIRAN DAYA OPTIMAL MEMPERTIMBANGKAN BIAYA PEMBANGKITAN DAN KESTABILAN DAYA MENGGUNAKAN PARTICLE SWARM OPTIMIZATION DAN ALGORITMA GENETIKA

Muhammad Saukani, Ermanu Azizul Hakim, Ilham Pakaya

Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang, Malang

Kontak Person:

Muhammad Saukani

Jl. Raya Tlogomas No.246 | 65144 - Malang | Telp. 0341 464318, Psw.129 | Fax. 0341 460782

E-mail: saukani93@gmail.com

## Abstrak

*Analisis Optimal Power Flow (OPF) sangat diperlukan pada sebuah sistem tenaga listrik. Dengan analisa OPF dapat diketahui besar daya efektif yang harus di bangkitkan pada setiap pembangkit listrik pada sistem tenaga listrik. Hal ini bertujuan untuk menekan biaya operasional pembangkitan dan juga mengurangi rugi-rugi daya pada proses distribusi. Makalah ini bertujuan untuk mengoptimalkan dan menganalisis OPF pada sistem tenaga listrik. OPF akan dihitung menggunakan metode konvensional Newton Raphson dibandingkan dengan metode optimasi Particle Swarm Optimization (PSO) dan Algoritma Genetika (AG)s. Hasil simulasi menunjukkan bahwa metode PSO dan AG dapat melakukan penghematan biaya produksi masing-masing 3,08 % dan 7,18 % dibandingkan dengan metode konvensional Newton Raphson, dengan metode AG 220% lebih efektif daripada metode PSO. Hasil optimasi terbaik didapatkan menggunakan metode AG lebih unggul daripada metode PSO pada sisi biaya pembangkitan, sedangkan untuk daya pembangkitan dan pada sisi profil tegangan metode PSO lebih baik dari metode AG.*

**Kata kunci:** sistem tenaga listrik, OPF, PSO, AG, newton raphson.

## 1. Pendahuluan

Pembangunan saluran distribusi untuk menunjang keberlangsungan pengiriman daya listrik dibatasi oleh kondisi wilayah yang terbatas, biaya yang sangat besar, serta waktu yang sangat lama [1]. Pengaturan pengoperasian pembangkit harus mampu dioperasikan secara optimal, sehingga daya yang disalurkan ke konsumen dapat terpenuhi. Untuk mengatur pengoperasian pembangkit diperlukan sistem penjadwalan yang tepat dan akurat, yaitu dengan mengatur setiap unit pembangkit untuk beroperasi secara optimum dan ekonomis serta mengurangi rugi-rugi transmisi yang pasti akan muncul pada sistem distribusi tenaga listrik.

Optimasi aliran daya atau biasa disebut *Optimal Power Flow* (OPF) digunakan untuk mengoptimasi aliran daya dari sistem tenaga listrik yang sudah terinterkoneksi sehingga didapatkan parameter – parameter dari pembangkit, transmisi maupun beban. Dari parameter tersebut kemudian dapat ditentukan kapasitas daya optimal yang harus disediakan oleh tiap pembangkit. Tujuan OPF yaitu untuk menentukan kondisi operasi stabil dari jaringan listrik. Daya yang mengalir melalui jaringan akan dihitung. Sehingga dari aliran daya ini akan diketahui kelayakan dari sistem jika ditinjau dari sisi daya sistemnya. Metode OPF ini juga akan menentukan batasan-batasan yang diperbolehkan dalam pengoperasian sistem. Batasan ini meliputi ketersediaan jaringan/transmisi, pengaturan pembangkit listrik, batas desain peralatan listrik, dan strategi operasi.

OPF ditujukan untuk mengoptimalkan variabel jaringan listrik di bawah batasan tertentu. Variabel dapat mencakup daya aktif dan daya reaktif, tegangan bus dan sudut, yang sangat berpengaruh untuk meminimalkan kerugian daya dan menekan biaya operasi pembangkitan listrik dari generator[2]. Untuk mendapatkan hasil yang baik, parameter – parameter yang sudah didapatkan dari sebuah sistem jaringan listrik dapat di optimasi dengan berbagai metode optimasi. Dalam penelitian ini optimasi dilakukan dengan menggunakan metode *Artificial Intelligence* (AI). Dari berbagai macam

metode AI yang berkembang, peneliti melakukan perbandingan hasil optimasi menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO) dengan optimasi menggunakan Algoritma Genetika (AG).

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijabarkan dalam makalah ini menjabarkan perbandingan metode yang sudah ada dalam optimasi aliran daya, agar didapat metode yang terbaik untuk memecahkan masalah aliran daya optimal studi kasus sistem IEEE 26 bus.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Optimasi Performa Sistem Dengan Fungsi Biaya Pembangkitan

Permasalahan *economic dispatch* yang digunakan untuk meminimalkan biaya produksi listrik yang nyata, umumnya dapat dinyatakan sebagai berikut yaitu: *economic dispatch* harus mampu mengalokasikan beban pada sistem untuk memenuhi biaya *minimum* sesuai dengan batasan yang terdapat pada sistem. Hal ini dirumuskan sebagai masalah optimasi untuk meminimalkan total biaya bahan bakar di semua generator di dalam sistem dengan memenuhi permintaan beban dan total kerugian yang terdapat pada sistem.

Secara matematis *economic dispatch* dapat dirumuskan dalam Persamaan 1[3]. Dengan batasan Persamaan 1 dijabarkan dalam Persamaan 2[3]. Daya pembangkitan total harus memenuhi total beban dan total rugi pada transmisi. Rugi pada transmisi dirumuskan dalam Persamaan 3[3]. Dari Persamaan 1 dan 3 didapat fungsi objektif untuk dioptimalkan dalam Persamaan 4[3].

$$F_i P_i = a_i P_{g_i}^2 + b_i P_{g_i} + c_i \quad (1)$$

$$P_{g_i}^{\min} < P_{g_i} < P_{g_i}^{\max} \quad (2)$$

$$P_{L-k} = G_k (V_i^2 + V_j^2 - 2V_i V_j \cos(\delta_i - \delta_j)) \quad (3)$$

$$F(x) = \sum_i^n F_i P_i + 1000 * \text{abs}(\sum_i^n P_i - P_D - \sum_i^n P_{L-k}) \quad (4)$$

Nilai 1000 pada persamaan ke-4 merupakan faktor skala dilantasi. Dilantasi pada umumnya merupakan transformasi yang dapat mengubah ukuran suatu titik. Transformasi adalah aturan secara geometris yang dapat menunjukkan bagaimana suatu titik atau bangun dapat berubah kedudukan dan ukurannya berdasarkan rumus tertentu.

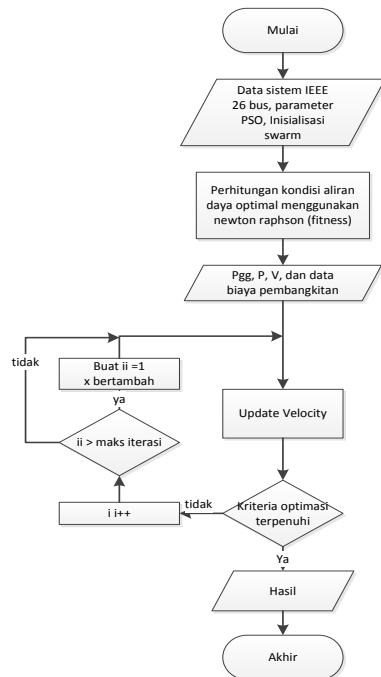
Setelah di optimasi hasil yang didapatkan berupa tegangan pada setiap bus, daya nyata pembangkitan setiap generator beserta rugi daya yang terdapat pada sistem, dan total biaya pembangkitan yang keluar untuk memenuhi kebutuhan pada sistem. Hasil-hasil ini akan dianalisa untuk mendapatkan hasil terbaik pada setiap metode.

#### 2.1.1. Metode Optimasi Menggunakan PSO

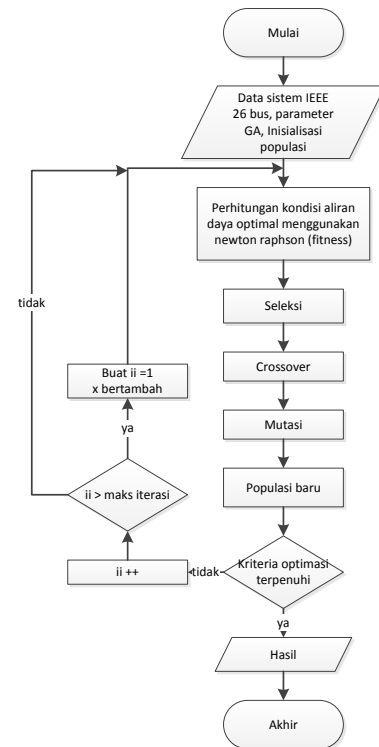
Dari diagram alir dalam Gambar 1 hal pertama yang dilakukan untuk mengoptimasi aliran daya optimal ialah menghitung nilai fitness dari sebuah sistem yang akan dioptimasi. Dalam makalah ini, untuk menyelesaikan persamaan aliran daya menggunakan metode *Newton Raphson*. Setelah dilakukan penyelesaian persamaan aliran daya, maka akan didapat nilai  $P$ ,  $V$ , dan  $P$  pembangkitan. Kemudian data biaya pembangkitan menjadi *input*, beserta dengan parameter-parameter PSO. Dari model perencanaan tersebut menghasilkan *output* berupa data hasil optimasi yaitu berupa nilai harga total biaya pembangkitan, daya nyata yang di bangkitkan oleh pembangkit,  $V$  magnitude, serta total kerugian daya dari sistem. PSO digunakan untuk mendapatkan optimasi dari daya nyata pembangkitan, tegangan magnitude, serta daya nyata dari sistem. PSO ini akan bekerja sendiri pada bagian yang fungsi *fitness* yang akan dipotimalkan dengan ketentuan parameter yang sudah dimasukkan.

Dalam penelitian ini hal yang pertama dilakukan untuk optimasi dengan menggunakan algoritma PSO ialah menentukan total unit pembangkit, beban, daya pembangkitan, dan tegangan serta persamaan biaya pembangkitan. Setelah itu menentukan parameter algoritma PSO, seperti *swarm*, bobot inersia, jumlah iterasi dan konstanta akselerasi. Kemudian dari data beserta parameter PSO yang sudah dimasukkan akan di tentukan  $P_{best}$  dan  $G_{best}$  mula-mula.  $P_{best}$  merupakan nilai partikel terbaik, dalam hal ini adalah nilai biaya pembangkitan terbaik. Setelah itu menghitung kecepatan dan posisi partikel pada iterasi berikutnya. Bila didapatkan nilai *fitness* yang cukup baik atau sampai pada jumlah iterasi maksimum maka iterasi akan berhenti mencari dan memperbaharui kecepatan dan posisi partikel, sehingga nilai  $P_{best}$  dan  $G_{best}$  terbaru akan didapatkan. Program akan menampilkan

hasil  $P_{best}$  dan  $G_{best}$  yang dalam penelitian ini merupakan nilai biaya pembangkitan beserta dengan daya yang harus dibangkitkan oleh generator, beserta tegangan setiap bus dan total rugi saluran pada sistem.



**Gambar 1** Diagram alir optimasi dengan PSO



**Gambar 2** Diagram alir optimasi dengan AG.

### 2.1.2. Metode Optimasi Menggunakan AG

Diagram alir metode optimasi AG dijabarkan dalam Gambar 2. Sama seperti PSO, AG juga digunakan untuk mendapatkan optimasi persamaan aliran daya optimal. Fungsi AG berkerja sendiri pada bagian yang telah ditentukan oleh fungsi *fitness* yang akan dioptimalkan, dengan ketentuan parameter yang sudah dimasukkan. Setelah data sistem dimasukkan, kemudian perhitungan nilai *fitness* dilakukan untuk dioptimalkan. Perhitungan *fitness* sama seperti metode sebelumnya yaitu menggunakan metode *newton raphson* untuk menyelesaikan persamaan aliran daya.

## 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

### 3.1. Analisis Performa Sistem Setelah Dioptimalkan

#### 3.1.1. Tegangan Yang Dihasilkan Pada Setiap Bus

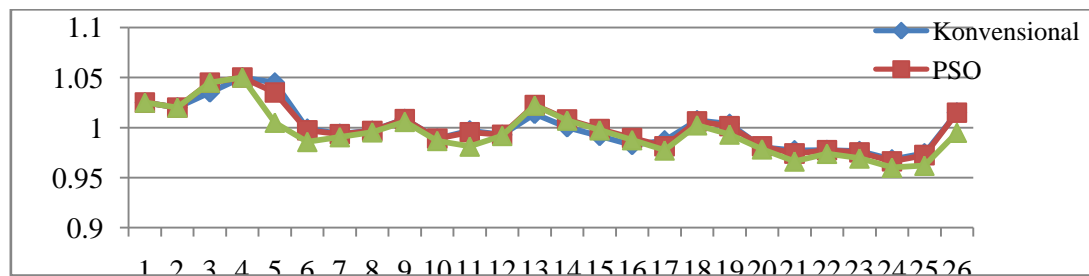
Sistem IEEE 26 bus, merupakan sistem jaringan radial. Sistem jaringan radial adalah sistem distribusi yang sangat sederhana dan ekonomis. Keuntungan dari sistem ini adalah sistem tidak rumit dan lebih murah dibanding dengan sistem yang lain. Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding dengan lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena mutu tegangan bus yang paling jauh dengan generator kurang baik, hal ini dikarenakan jatuh tegangan terbesar ada diujung saluran.

Dalam Gambar 3 dapat dilihat jatuh tegangan terbesar ada pada bus 24 yaitu sebesar 0,9682 pu dengan metode konvensional, 0,9664 pu dengan metode PSO, dan 0,9601 pu dengan menggunakan metode AG. Hal ini disebabkan karena letak bus no 24 jauh dari bus generator.

**Tabel 1** Perbandingan tegangan pada setiap bus dalam (p.u)

No. bus	V bus konvensional (p.u)	V bus PSO (p.u)	V bus GA (p.u)
1	1.0250	1.0250	1.0250

2	1.0200	1.0200	1.0200
3	1.0350	1.0450	1.0450
4	1.0500	1.0500	1.0500
5	1.0450	1.0350	1.0050
6	0.9989	0.9973	0.9858
7	0.9938	0.9935	0.9906
8	0.9968	0.9968	0.9954
9	1.0086	1.0085	1.0058
10	0.9890	0.9891	0.9868
11	0.9971	0.9954	0.9812
12	0.9927	0.9928	0.9918
13	1.0136	1.0224	1.0221
14	1.0002	1.0081	1.0071
15	0.9915	0.9986	0.9974
16	0.9825	0.9896	0.9876
17	0.9872	0.9813	0.9773
18	1.0073	1.0063	1.0024
19	1.0037	1.0015	0.9932
20	0.9804	0.9813	0.9784
21	0.9773	0.9742	0.9663
22	0.9776	0.9775	0.9740
23	0.9765	0.9753	0.9693
24	0.9682	0.9664	0.9601
25	0.9743	0.9726	0.9621
26	1.0150	1.0150	0.9950



**Gambar 3** Grafik perbandingan tegangan pada setiap bus

### 3.1.2. Daya Pembangkitan Generator Dan Rugi Daya

Dalam Tabel 2 dapat dijelaskan bahwa terdapat perbedaan daya pembangkitan pada setiap metode yang digunakan pada proses pengujian. Dengan menggunakan metode konvensional total daya pembangkitan didapat sebesar 1289,1568 MW, sedangkan dengan menggunakan metode PSO daya didapatkan sebesar 1260,7635 MW, dan dengan menggunakan AG didapat total daya pembangkitan optimal sebesar 1278.7502 MW. Generator yang paling besar membangkitkan daya adalah generator 1 yang bertindak sebagai slackbus, yaitu pada metode konvensional sebesar 474,1196 MW, pada metode PSO sebesar 482,3326 MW, serta dengan menggunakan metode AG sebesar 500 MW. Total pembangkitan daya generator paling sedikit adalah dengan menggunakan metode PSO yang mampu mereduksi daya sebesar 28,3933 MW atau sebesar 2,20%. Sedangkan dengan menggunakan metode AG daya yang direduksi sebesar 10,4066 MW atau sebesar 0,813%.

**Tabel 2** Perbandingan daya pembangkitan masing-masing generator

No. Generator	Daya Pembangkitan pembangkit konvensional (MV)	Daya Pembangkitan pembangkit PSO (MV)	Daya Pembangkitan pembangkit GA (MV)
---------------	--	---------------------------------------	--------------------------------------

1	474.1196	482.3326	500
2	173.7889	198.7015	149.2163
3	190.9515	295.5962	300
4	150	61.64	150
5	196.7196	102.4932	155.6682
6	103.5772	120	23.8657
Total	1289.1568	1260.7635	1278.7502

Setelah daya pembangkitan optimal diketahui, selanjutnya dapat diketahui total rugi-rugi daya pada sistem dalam Tabel 3.

**Tabel 3** Perbandingan Rugi-Rugi Daya Pada Sistem

TL konvensional (MW)	TL PSO (MW)	TL GA (MW)
15.53	6.6365	15.764

Total rugi-rugi daya pada sistem dengan menggunakan metode konvensional newton-raphson didapat kerugian sebesar 15,53 MW, dengan metode AG kerugian didapat sebesar 15,764 MW, sedangkan dengan menggunakan metode PSO kerugian yang dihasilkan sebesar 6.6365 MW.

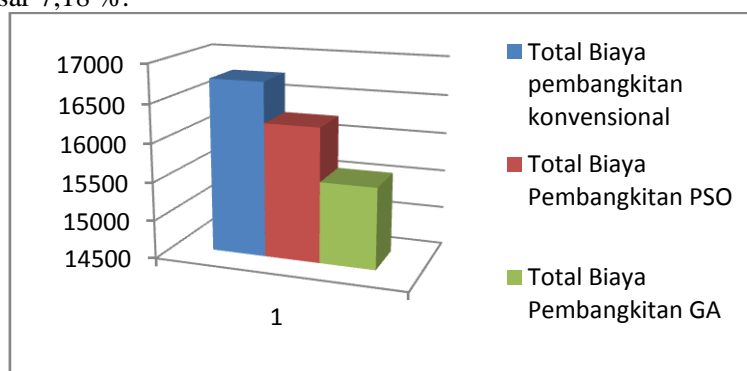
### 3.1.3. Total Biaya Pembangkitan Pada Sistem

Dari hasil perhitungan dengan MATLAB didapatkan perbandingan biaya total pembangkitan dengan metode konvensional, dengan metode PSO dan AG. Dalam Tabel 4 menunjukkan perbandingan total biaya pembangkitan pada sistem:

**Tabel 4** Perbandingan biaya pembangkitan

Total Biaya pembangkitan konvensional (\$/hr)	Total Biaya Pembangkitan PSO (\$/hr)	Total Biaya Pembangkitan GA (\$/hr)
16760,73	16243,65	15556,58

Dari data hasil perhitungan biaya pembangkitan dapat diketahui bahwa total biaya dengan menggunakan metode konvensional lambda sebagai pembanding didapat sebesar 16760,73 \$/jam. Dengan menggunakan metode PSO didapatkan hasil sebesar 16243,65 \$/jam. Dengan metode PSO biaya pembangkitan dapat direduksi sebesar 517,08 \$/jam atau penghematan sebesar 3,08 %. Sedangkan dengan menggunakan metode optimasi AG total biaya pembangkitan didapat sebesar 15556,58 \$/jam. Dengan metode AG biaya pembangkitan dapat direduksi sebesar 1204,15 \$/jam atau penghematan sebesar 7,18 %.



**Gambar 4** Grafik Perbandingan Total Biaya Pembangkitan Pada Sistem

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penyelesaian aliran daya dapat dilakukan dengan metode konvensional, ataupun optimasi dengan menggunakan metode kecerdasan buatan seperti PSO dan AG.
2. Dengan menggunakan metode PSO mampu mereduksi daya sebesar 28,3933 MW atau sebesar 2,20%. Sedangkan dengan metode AG mereduksi daya sebesar 10,4066 MW atau sebesar 0,813%.
3. Dengan menggunakan metode algoritma PSO mampu menghemat biaya pembangkitan sebesar 3,08 %, sedangkan dengan AG penghematan biaya pembangkitan sebesar 7,18 %.

Hasil optimasi terbaik didapatkan menggunakan metode algoritma PSO dibandingkan dengan AG untuk daya pembangkitan dan pada sisi profil tegangan, sedangkan pada sisi biaya pembangkitan AG lebih unggul daripada algoritma PSO.

### Referensi

- [1]. Reza Mochammad. Studi Aliran Daya Optimum Mempertimbangkan Kestabilan Transien Sistem Menggunakan Simulasi Domain Waktu. ST Thesis. Surabaya: ITS; 2012.
- [2]. E D Meilandari, RS Hartati, dan I W Sukerayasa. Analisa Aliran Daya Optimal Pada Sistem Kelistrikan Bali. Jurnal Teknik Elektro. 2012; Vol 11:36-40.
- [3]. Yadav Ankit. Multiple Objectiv Optimal Power Flow. M.Eng Thesis. Patiala: Thapar University. 2010.
- [4]. Saravanan T., G. Saritha, and V. Srinivasan. *Optimal Power Flow Using Particle Swarm Optimization*. Middle-East Journal of Scientific Research. 2014; 20(11):1554-1560.
- [5]. Sugeng Santoso. Optimisasi Pada Sistem Daya Listrik. Magistra. 2011; 75:51-61.
- [6]. Hosea, Emmy dan Yusak Tanoto. Perbandingan Analisa Aliran Daya dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetika dan Metode Newton Raphson. Jurnal Teknik Elektro. 2005; Vol 5(1); 63-69
- [7]. Sharma Bhupender, Shivani Sehgal, and Ajay Nain. Particle Swarm Optimization and Genetic Algorithm based Optimal Power Flow. International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEEM). 2013; Vol 2(7): 307-315
- [8]. Cekmas Cekdin. Sistem Tenaga Listrik - Contoh Soal Dan Penyelesaiannya Menggunakan Matlab. II ed. Yogyakarta: Andi. 2010:64-69.
- [9]. Saadat, Hadi. Power System Analysis. I. Newyork: Mc-Graw Hill. 1999:248-289.
- [10]. Arfah Z, efrita dan Faris Firmansyah. Optima Power Flow (OPF) Pembangkitan Jawa Bali 500 Kv Menggunakan Algoritma PSO Template. Makalah Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan. Surabaya. 2013.